

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-307450  
(43)Date of publication of application : 05.11.1999

(51)Int.CI. H01L 21/20  
H01L 21/268  
H01L 29/786  
H01L 21/336

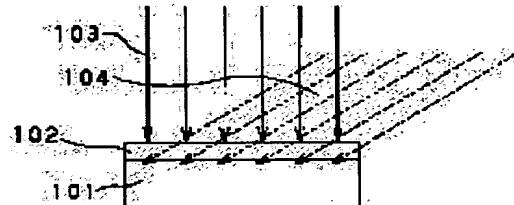
(21)Application number : 10-108239 (71)Applicant : NEC CORP  
(22)Date of filing : 17.04.1998 (72)Inventor : TANABE HIROSHI

## (54) REFORMING METHOD OF THIN FILM AND DEVICE USED FOR ITS OPERATION

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a reforming method of a thin film which prevents contraction of a substrate due to heating of a substrate and warp of a substrate, permits precise laser casting on a desired position which can be mechanically controlled, enables casting of a fine pattern of a line width of about  $1 \mu\text{m}$  on a substrate and permits heating of a substrate to  $500^\circ \text{C}$  or higher, while restraining contraction and warp of a substrate, and a device used for its operation.

**SOLUTION:** When a semiconductor silicon thin film 102 on an insulating glass substrate 101 is crystallized by XeCl excimer laser 103, CO<sub>2</sub> laser 104 of a wavelength of 9 to  $11 \mu\text{m}$  is cast on the substrate 101 simultaneously or before or after it to selectively heat a part of the substrate 101 in an area near an interface between the substrate 101 and the semiconductor thin film 102. According to this constitution, contraction of a substrate and warp of a substrate due to heating of a substrate can be prevented and precise irradiation to a desired position which can be mechanically controlled is possible. As a result, a fine pattern of a small focus depth and a line width of about  $1 \mu\text{m}$  can be cast on a substrate by the device.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 20.04.1998  
[Date of sending the examiner's decision of rejection] 29.05.2001  
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]  
[Date of final disposal for application]  
[Patent number] 3586558  
[Date of registration] 13.08.2004  
[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 2001-09822  
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 12.06.2001  
[Date of extinction of right]



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-307450

(43)公開日 平成11年(1999)11月5日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

H 01 L 21/20  
21/268  
29/786  
21/336

識別記号

F I

H 01 L 21/20  
21/268  
29/78

F  
6 2 7 G

審査請求 有 請求項の数10 O L (全 10 頁)

(21)出願番号

特願平10-108239

(22)出願日

平成10年(1998)4月17日

(71)出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72)発明者 田邊 浩

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株  
式会社内

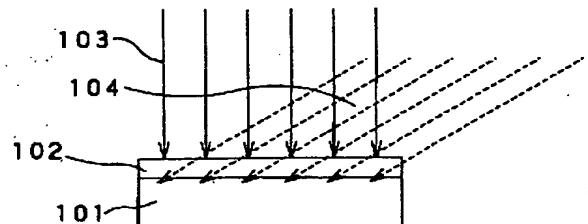
(74)代理人 弁理士 藤巻 正憲

(54)【発明の名称】 薄膜の改質方法及びその実施に使用する装置

(57)【要約】

【課題】 基板加熱による基板収縮及び基板のそりを防  
止し、機械的に制御可能な所望の位置への精密なレーザ  
照射を可能にすると共に、線幅 $1 \mu\text{m}$ 程度の微細バタ  
ーンの基板への照射を可能にし、更に、基板の収縮及びそ  
りを抑制しつつ基板を $500^\circ\text{C}$ 以上に加熱することを可  
能とする薄膜の改質方法及びその実施に使用する装置を  
提供する。

【解決手段】 絶縁性ガラス基板101上の半導体シリ  
コン薄膜102をXeClエキシマレーザ103により  
結晶化する際に、同時又は相前後して基板101に波長  
が $9$ 乃至 $11 \mu\text{m}$ のCO<sub>2</sub>レーザ104を照射して基板  
101と半導体薄膜102との界面近傍の基板101部  
分を選択的に加熱する。



101:ガラス基板

102:シリコン薄膜

103:XeClエキシマレーザ

104:CO<sub>2</sub>レーザ

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 絶縁性基板上の薄膜にエキシマレーザを照射して改質する際に、前記エキシマレーザよりも前記薄膜を透過しやすい光を照射して前記基板と前記薄膜との界面近傍の基板部分を選択的に加熱することを特徴とする薄膜の改質方法。

【請求項2】 前記薄膜はシリコン薄膜であり、前記絶縁性基板が二酸化シリコン基板であると共に、前記基板を選択的に加熱する光は、波長が9乃至11μmの光であることを特徴とする請求項1に記載の薄膜の改質方法。

【請求項3】 前記基板を加熱する光は、CO<sub>2</sub>レーザであることを特徴とする請求項2に記載の薄膜の改質方法。

【請求項4】 前記基板を加熱する光の照射は、前記エキシマレーザの照射と同時に、エキシマレーザの照射前又はエキシマレーザの照射後であることを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載の薄膜の改質方法。

【請求項5】 前記薄膜の上に、絶縁膜が形成されていることを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載の薄膜の改質方法。

【請求項6】 前記基板を加熱する光は、波長が9乃至11μmの連続光であると共に、この連続光をエキシマレーザが照射される領域で走査することを特徴とする請求項2乃至5のいずれか1項に記載の薄膜の改質方法。

【請求項7】 前記絶縁膜は二酸化シリコン薄膜であることを特徴とする請求項2に記載の薄膜の改質方法。

【請求項8】 前記薄膜の改質は、薄膜の結晶化であることを特徴とする請求項1乃至7のいずれか1項に記載の薄膜の改質方法。

【請求項9】 薄膜が形成された絶縁性基板が設置される基板ステージと、波長が400nm以下の紫外線パルス発生する第1の光源と、波長が9乃至11μmの波長を有する連続光又はパルス光を発生する第2の光源と、前記第1及び第2の光源からの光を所定の照射形状及び強度分布に加工して前記基板ステージ上の前記基板に照射する光学素子群とを有することを特徴とする薄膜の改質装置。

【請求項10】 前記第1の光源からの紫外線パルスの照射により、薄膜を結晶化させることを特徴とする請求項9に記載の薄膜の改質装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、結晶性シリコン薄膜トランジスタを構成するシリコン薄膜等の半導体薄膜を形成するのに有効な薄膜の改質方法及びその実施に使用する装置に関し、特にエキシマレーザにより薄膜を結晶化する薄膜の改質方法及びその実施に使用する装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】ガラス基板上に薄膜トランジスタ(TFT)を形成する代表的な技術として、水素化アモルファス半導体TFT技術及び多結晶シリコンTFT技術がある。前者は作製プロセスにおける最高温度が300°C程度であり、移動度1cm<sup>2</sup>/Vsec程度のキャリア移動度を実現している。後者は、例えば石英基板を使用して1000°C程度のLSIと類似した高温プロセスを使用することにより、キャリア移動度が30~100cm<sup>2</sup>/Vsecという性能を得ることができる。このような高いキャリア移動度の実現は、例えば上記TFTを液晶ディスプレイに応用した場合、各画素を駆動する画素TFTと同時に、周辺駆動回路部までも同一ガラス基板上に同時に形成することが可能になり、コスト上及び小型化を図る上での利点が極めて大きい。

【0003】しかしながら、後者の多結晶シリコンTFT技術において、上述のような高温プロセスを使用する場合、前者の水素化アモルファス半導体TFT技術のプロセスが使用できるような安価な低軟化点ガラスを使用することができない。そこで、多結晶シリコンTFTプロセスの温度の低減が要望されており、このため、レーザ結晶化技術を応用した多結晶シリコン膜の低温形成技術が研究開発されている(特開平6-89905号公報、特開平7-106247号公報、特開平9-235172号公報)。

【0004】図11はこの多結晶シリコン膜のレーザ結晶化に使用する従来のパルスレーザ照射装置の一例を示す模式図である。ガラス基板15上に被照射体であるシリコン薄膜16が形成されており、このガラス基板15はx-yステージ17上に設置されている。パルスレーザ光源11から供給されるレーザ光はミラー12及び空間的な強度の均一化を行うべく設置されるビームホモジナイザ14等の光学素子群によって規定される光路17を介して、ガラス基板15上のシリコン薄膜16に入射される。ガラス基板全体に比べて1照射あたりの領域が小さいため、x-yステージ17上のガラス基板15を移動させることにより基板上の任意の位置へのレーザ照射が可能である。レーザ光の照射後、基板15は基板搬送機構19によりカセット18内に収納される。

【0005】このようなレーザ照射によりシリコン薄膜を結晶化する際に、スポット上のレーザ光をステップ移動させながら照射すると、膜質の不均一が生じるので、この膜質の不均一化を防止するために、300~500°Cに基板を加熱する技術が特許第2525101号に開示されている。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記のような300乃至500°Cに基板を加熱する方法では、基板の膨張及びそり等が発生してしまい、所望の位置へレーザ光を照射するための位置精度と、照射されるレーザ光に大きな焦点深度が要求され、μmオーダに照射サ

イズを加工した光を焦点ずれを起こすことなく照射することが困難であるという問題点があった。また、500°Cという高温に基板を加熱することは、基板材料への制約が大きく、軟化点の低い材料を使用できないという問題点があった。例えば、上記従来技術を液晶ディスプレイ用薄膜トランジスタの製造に使用した場合、μmオーダの加工がフォトリソグラフィに要求されており、基板加熱による基板収縮が後工程での目合わせずれ等を引き起こすからである。

【0007】また、J. S. Im et al. Applied Physics Letters, vol. 64, (1994), pp. 2303には、基板温度を500°C以上、例えば600°Cとか、800°Cとすることにより、レーザ結晶化時に粒径が拡大することが示唆されている。しかしながら、前述のごとく、実用上500°Cを超える温度に基板を加熱することは困難である。

【0008】本発明はかかる問題点に鑑みてなされたものであって、基板加熱による基板収縮及び基板のそりを防止し、機械的に制御可能な所望の位置への精密なレーザ照射を可能にすると共に、線幅1μm程度の微細パターンの基板への照射を可能にし、更に、基板の収縮及びそりを抑制しつつ基板を500°C以上に加熱することを可能とする薄膜の改質方法及びその実施に使用する装置を提供することを目的とする。

#### 【0009】

【課題を解決するための手段】本発明に係る薄膜の改質方法は、絶縁性基板上の薄膜にエキシマレーザを照射して改質する際に、前記エキシマレーザよりも前記薄膜を透過しやすい光を照射して前記基板と前記薄膜との界面近傍の基板部分を選択的に加熱することを特徴とする。

【0010】この薄膜の改質方法において、例えば、前記薄膜はシリコン薄膜であり、前記絶縁性基板が二酸化シリコン基板であると共に、前記基板を選択的に加熱する光は、波長が9乃至11μmの光である。この場合に、前記基板を加熱する光は、CO<sub>2</sub>レーザであることが好ましい。そして、前記基板を加熱する光の照射は、前記エキシマレーザの照射と同時に、エキシマレーザの照射前又はエキシマレーザの照射後にする事ができる。前記基板を加熱する光は、パルス光でもよいし、波長が9乃至11μmの連続光をエキシマレーザが照射される領域で走査することとしてもよい。

【0011】前記薄膜の上に、絶縁膜が形成されているものであってもよく、また、前記絶縁膜として二酸化シリコン薄膜を形成することもできる。これらの薄膜の改質において、改質とは、例えば、非晶質シリコン膜から多結晶シリコン膜への結晶化、小粒径シリコン膜から大粒径シリコン膜への結晶粒粗大化、結晶欠陥が多い膜から結晶欠陥が少い膜への欠陥低減というように、シリコン薄膜の性質を所望のものにする処理である。

【0012】本発明に係る薄膜の改質装置は、薄膜が形成された絶縁性基板が設置される基板ステージと、波長

が400nm以下の紫外線パルス発生する第1の光源と、波長が9乃至11μmの波長を有する連続光又はパルス光を発生する第2の光源と、前記第1及び第2の光源からの光を所定の照射形状及び強度分布に加工して前記基板ステージ上の前記基板に照射する光学素子群とを有することを特徴とする。

【0013】本発明においては、例えば、絶縁性基板上の半導体薄膜をエキシマレーザにより結晶化する際に、例えば、CO<sub>2</sub>レーザ光を照射することにより、基板と半導体薄膜との界面近傍の基板部分を選択的に加熱する。このように、半導体薄膜よりも基板に効率よく吸収される光をエキシマレーザと共に照射することによって、基板全体でなく半導体薄膜に接する界面近傍を選択的に加熱できる。これにより、基板に反り及び収縮を生じさせることなく、基板の所要部分のみを選択的に加熱し、膜質を均一化することができる。

【0014】一般にある膜厚dを透過する光のエネルギーIは、照射光のエネルギーI<sub>0</sub>及び吸収係数αを用いて下記式1にて表される。

#### 【0015】

$$I = I_0 e^{-\alpha d}$$

液晶ディスプレイ等に使用される薄膜トランジスタの場合、ガラス基板の厚さが0.5mm~1.1mm程度であり、使用されるシリコン薄膜の厚さは10~200nm、より理想的には30~100nm程度である。波長が約10.6μmの光に対するシリコンの吸収係数は1.5(1/cm)、二酸化シリコンの吸収係数は1.22×10<sup>3</sup>(1/cm)であるので、これにより比較すると、波長10.6μmの光を、表面に存在するシリコン薄膜(例えば、厚さ100nm)は99.99%以上透過し、二酸化シリコン基板はその表面の10μmで70%以上の光を吸収する。波長が約9.3μmの場合は材質による光吸収係数の選択性がより一層顕著になり、シリコンの吸収係数が0.64(1/cm)、二酸化シリコンの吸収係数が3.05×10<sup>4</sup>(1/cm)となり、表面に存在するシリコン(例えば、厚さ100nm)は99.99%以上透過し、二酸化シリコンは表面の1μmで95%以上の光を吸収することになる。

【0016】従って、例えば9~11μmの波長領域で50本以上の発振線が得られる炭酸ガスレーザを使用し、所望の波長を選択することによって、基板と半導体薄膜との界面近傍の基板部分を選択的に加熱することができる。

【0017】また、絶縁性基板上のシリコン薄膜上に、選択的に絶縁膜(例えば、二酸化シリコン膜)を配置した構造の半導体装置をエキシマレーザの照射により結晶化する場合において、エキシマレーザの照射の前後又は照射と同時に、波長9乃至11μmの光を照射することにより、シリコン薄膜の上下両方向からの加熱が可能になり、エキシマレーザ結晶化過程における冷却速度の低

減による結晶粒径の拡大等の新たな効果が得られる。更に、シリコン薄膜の上部に二酸化シリコン膜を選択的に配置することによって、その部分の熱容量が増大し、二酸化シリコン膜下方のシリコンの再結晶化が周辺に比べて先行すると共に、良好な結晶が形成されるために、そこを核として二酸化シリコンを上部に有しない領域に向かって横方向の成長が進む。

【0018】また、波長9~11μmの連続光を用いエキシマレーザが照射される領域を走査することにより、エキシマレーザ照射領域に温度分布(勾配)を形成できる。基板側にできた温度勾配によってエキシマレーザ照射後の再結晶化時に結晶化の方向を制御することが可能になり、粒径の拡大と結晶粒の位置制御が可能になる。

【0019】また、シリコン薄膜及び絶縁膜(二酸化シリコン薄膜)の積層物に波長9~11μmの光を照射することにより、基板にダメージを与えることなくシリコン薄膜と絶縁膜との界面を1000°C以上の高温にすることができるため、良好なMOS界面を形成することができる。

#### 【0020】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施例について添付の図面を参照して具体的に説明する。図1は本発明の第1実施例を示す模式図である。本実施例は、二酸化シリコンを主成分とするガラス基板101(厚さ0.7mm)上に形成されたシリコン薄膜102(厚さ100nm)にXeC1エキシマレーザ103を照射するものである。このXeC1エキシマレーザ103の照射と同

時、又はその前後に、CO<sub>2</sub>レーザ104を基板101に向けて照射する。

【0021】この場合に、例えば、ガラス基板101とシリコン薄膜102との間に、ガラス基板より二酸化シリコンの純度が高い二酸化シリコン層等が存在していても、又はシリコンに電子制御を目的とした不純物が添加されていてもよい。このようなシリコン薄膜にXeC1エキシマレーザ103を照射すると、シリコン薄膜102の膜厚に比べて十分高い照射強度で照射を行うことにより、シリコン薄膜の溶融再結晶化による改質を行うことができる。即ち、例えば、非晶質シリコン膜から多結晶シリコン膜への結晶化、小粒径シリコン膜から大粒径シリコン膜への結晶粒粗大化、結晶欠陥が多い膜から結晶欠陥が少い膜への欠陥低減というように、シリコン薄膜102の改質が可能である。

【0022】そして、本実施例では、このようなエキシマレーザ103による結晶化プロセス中にCO<sub>2</sub>レーザ104を照射するので、シリコン薄膜102とガラス基板101との間の界面が高温に加熱され、基板再結晶化過程の冷却速度の低減及び得られる多結晶シリコンの粒径の増大が可能になる。

【0023】下記表1は、各波長でのシリコンと二酸化シリコンの光学定数を示す。なお、この表1のデータはHandbook of Optical Constants of Solids, E. Palik編, 1985, Academic Press刊より引用したものである。

#### 【0024】

【表1】

	波長(μm)	n	k	吸収係数α
Si	10.64	3.42	$1.27 \times 10^{-4}$	$1.50 \times 10^{-6}$
SiO <sub>2</sub>	10.53	2.224	0.102	$1.22 \times 10^{-4}$
Si	9.259	3.42	$4.72 \times 10^{-4}$	$6.40 \times 10^{-6}$
SiO <sub>2</sub>	9.302	2.25	2.26	$3.05 \times 10^{-4}$

【0025】即ち、この表1に示すように、照射波長が約10.6μm及び約9.3μmの場合のシリコンと二酸化シリコンの光学定数と、それから得られた吸収係数をもとに、各膜中での吸収深さを求めるとき、波長が10.6μmの光を、表面に存在するシリコン(例えば厚さ100nm)は99.99%以上透過し、二酸化シリコンは表面の10μmで70%以上の光を吸収する。波長が約9.3μmの場合はこのような光吸収又は透過の選択性がより顕著になり、表面に存在するシリコン(例えば厚さ100nm)は99.999%以上透過し、二酸化シリコンは表面の1μmで95%以上の光を吸収することになる。

【0026】一方、波長が351nmのXeFエキシマレーザよりも短波長のエキシマレーザ、例えばXeC1

及びKrFレーザ等のシリコンへの吸収係数は10<sup>6</sup>cm<sup>-1</sup>にも達する。従って、ガラス基板への吸収はほとんど生じない。

【0027】以上のようなことから、エキシマレーザ103によるシリコン薄膜の溶融再結晶化と、CO<sub>2</sub>レーザ104による基板加熱を同時にを行うことができる。しかも、CO<sub>2</sub>レーザ104による基板加熱は上述のとおり、1乃至10μm程度であるため、50nsec乃至100μsecに制御されるパルス発振のCO<sub>2</sub>レーザを使用することにより、基板の反り及び収縮を引き起こすことなく、ガラス基板の最表面を1000°C以上の高温にすることができる。

【0028】このときのレーザ照射のタイミングとしては、図7乃至9に示すように、種々の態様がある。図7

乃至9において、実線はエキシマレーザ、破線はCO<sub>2</sub>レーザである。図7に示すように、エキシマレーザの照射よりもCO<sub>2</sub>レーザの照射を遅延させる方法と、図8及び9に示すように、CO<sub>2</sub>レーザを照射した後、所定の遅延時間をもって、エキシマレーザを照射する方法がある。また、一般に351 nm程度の波長の光を透過しやすい基板、例えば日本電気硝子製OA-2ガラスなどを用い、エキシマレーザを基板裏面から照射し、CO<sub>2</sub>レーザを基板表面から照射するといった方法も可能である。もちろん、所望の加熱条件によってはCWタイプのCO<sub>2</sub>レーザを用いても良い。

【0029】図2(a)乃至(g)及び(d')乃至(f')は本第1実施例を薄膜トランジスタの製造方法に適用した場合を工程順に示す断面図である。なお、図2の(d')乃至(f')は(d)乃至(f)の断面に垂直な方向の断面図である。図2(a)に示すように、表面が平坦なガラス基板501(例えば日本電気硝子社製OA-2ガラス、又はコーニング社製1737ガラス、石英基板も含む)を酸又はアルカリを使用して洗浄した後、基板上に二酸化シリコン膜508を形成する。この形成方法としては、LPCVD法、TEOS(Tetraethoxysilane、テオス)法、シラン、酸素又はオゾン等を用いたプラズマCVD法、及び常圧CVD法が使用可能である。また、高次シラン及び有機シリカ等の塗布膜を加熱焼成することにより、二酸化シリコン膜を形成することもできる。

【0030】次に、再度、上記基板を洗浄した後、ジシランガスを原料とするLPCVD法を使用して、450°Cにて非晶質シリコン薄膜を75 nm堆積する。堆積後、次工程を行う直前に再び洗浄する。

【0031】その後、上述のように形成されたSi膜付き基板をレーザアニール装置内に配置する。一旦、プロセスチャンバ内を真空排気(10<sup>-2</sup>~10<sup>-6</sup> torr程度)した後、ガス導入口よりArガスを導入し、700 torrを維持できるように、ガス流量計及び排気バルブを制御する。700 torrに達するまでは、このArガス圧力を維持するためのガス導入口の代わりに、流量をより大きくとることができる別の導入口を使用してArガスを導入してもよい。Arガスの圧力が700 torrに達した後、エキシマレーザを稼働し、基板へのレーザ照射を開始する。パルスレーザ光源としてはXeCl(波長308 nm)、XeF(351 nm)、KrF(248 nm)等の使用が可能である。このとき、同時にパルス型CO<sub>2</sub>レーザを照射する。照射範囲としてはエキシマレーザの照射領域よりも若干広い領域であることが望ましく、このため、そのビーム強度プロファイルを適切に選択する。

【0032】図2(b)に示すように、このレーザ照射により、非晶質シリコン膜が結晶化されて、多結晶シリコン膜502が形成される。

【0033】その後、図2(c)に示すように、二酸化シリコン膜503を10 nm形成する。この二酸化シリコン膜503の形成には、二酸化シリコン膜508の形成に使用した成膜法と同様の作成手段を探ることができる。この場合に、多結晶シリコン膜502の形成後、大気にさらすことなく、二酸化シリコン膜の形成室に搬送し、二酸化シリコン膜503の形成処理を行うことがより望ましい。

【0034】その後、図2(d)に示すように、多結晶シリコン膜502と二酸化シリコン膜503をアイランドパターン化する。このとき、二酸化シリコン膜503の方をやや小さめにパターン化することによって、ゲートリークの発生を抑制することが可能である。

【0035】次に、図2(e)に示すように、二酸化シリコン膜504を形成し、多結晶シリコン膜を被覆した後、n<sup>+</sup>シリコン膜を、プラズマCVD法により形成するか、又はリンをドープした非晶質シリコン膜を形成した後これをレーザ又はランプ加熱等により活性化すること等によって形成し、その後、A1層をスパッタリングにより形成した後、これらのA1/n<sup>+</sup>シリコン膜の積層体をパターン化してゲート電極505とする。なお、A1に限らず、タンゲステン、モリブデン、タンタル、銅等の金属、そのタンゲステンシリサイド、モリブデンシリサイド等のシリサイド膜、又はそれらの積層体を使用してもよい。A1/n<sup>+</sup>シリコン積層膜からなるゲート電極505を形成した後、これをマスクとして下層の二酸化シリコン膜504及び503をバーニングし、更に質量分離を行わないイオンドーピング法、プラズマドーピング法又は質量分離法により、所望のイオンのみを選択できるイオン注入法等によってソースドレイン領域509を形成する。

【0036】その後、図2(g)に示すように、層間絶縁膜506を形成し、この層間絶縁膜にコンタクトホールを形成した後、A1配線507を形成し、TFTを形成する。

【0037】以上のような方法で、TFT及びTFTを能動素子として使用した液晶ディスプレイ又はイメージセンサ等を形成することにより、レーザ照射時のプロセス再現性及び長期安定性を確保し、製品歩留りを向上させることができる。

【0038】次に、本発明の第2実施例について説明する。図3(a)に示すように、ガラス基板101(厚さ1.1 mm)上にシリコン薄膜102(厚さ75 nm)を堆積し、更にその上に二酸化シリコン膜105(厚さ100 nm)を堆積し、所望の形状にパターン化する。このような積層物に対して上記と同様の手段によりエキシマレーザ103とCO<sub>2</sub>レーザ104を照射する。二酸化シリコン膜105が存在する領域はその分だけ熱容量が大きくなるため、両レーザ照射によるシリコン薄膜102の温度上昇は周辺部に比べて小さくなると共に、

再結晶化時の固化も周辺に比べて早く始まるため、シリコン薄膜102においては、二酸化シリコン膜105の下部の小粒径領域106を核とした結晶成長が横方向に進み、大粒径領域107を形成する。しかも、CO<sub>2</sub>レーザによる基板加熱を行わないときに比べ、二酸化シリコン膜105の下部のシリコン薄膜102の部分の結晶成長も促進されるため、核となる結晶粒径が大きく、結果として周辺に成長する結晶サイズが大きくなるという利点がある。

【0039】次に、本発明の第3実施例について、図4を用いて説明する。図4(a)に示すように、CWタイプの所定のビームサイズのCO<sub>2</sub>レーザ104を、シリコン薄膜102が堆積されたガラス基板101に照射し、これを走査方向110で示す方向に走査する。この走査を行うことによって、図4(b)に示すように、ある時間の基板上位置に対する基板表面温度が決定される。これはレーザの照射強度、シリコンの膜厚、レーザ波長及び走査速度等により、任意に設定可能である。エキシマレーザの照射に先立ち、又はエキシマレーザの照射と共に、上述のようにCO<sub>2</sub>レーザを照射することによって、エキシマレーザが照射されたシリコン薄膜中に温度勾配が生じるために、その温度勾配に沿った結晶成長が進行し、照射場所を制御することにより所望の位置に結晶粒を形成することができる。

【0040】次に、本発明の第4実施例について図5を参照して説明する。以上のような赤外線レーザを用いたエキシマレーザ結晶化の加熱アシスト法により、すでに再結晶化が終了したシリコン薄膜とその上部又は下部に形成されている二酸化シリコン薄膜との界面をより電気的な欠陥準位が少ない構造に変化させることができある。即ち、図5に示すように、SiO<sub>2</sub>膜105上からCO<sub>2</sub>レーザ104を照射することにより、上部SiO<sub>2</sub>膜105と同時に下部ガラス基板101が同時に加熱される。

【0041】前述のように、波長約9.3μmでは、表面に存在するSiO<sub>2</sub>膜105(厚さ100nm)の場合、約26%のエネルギーが吸収されると共に、シリコン(厚さ100nm)は99.99%以上透過し、二酸化シリコンからなる基板101部分では表面の1μmで残りの69%以上の光を吸収することになる。従つて、数10~数1000nsec程度のパルス光源を使用することにより、基板全体を加熱することなく、表面に存在するシリコン/二酸化シリコン界面の熱処理が可能になる。

【0042】図6(a)乃至(g)及び(d')乃至(f')は本第4実施例を薄膜トランジスタの製造方法に適用した場合を工程順に示す断面図である。なお、図6において、(d')乃至(f')は(d)乃至(f)を側面からみた断面図である。図6(a)に示すように、表面が平坦なガラス基板501(例えば日本電気硝

子社製OA-2ガラス、又はコーニング社製1737ガラス、石英基板も含む)を酸又はアルカリを使用して洗浄した後、基板上に二酸化シリコン膜508を形成する。この二酸化シリコン膜508の形成方法は図2(a)の場合と同様の方法を使用することができる。

【0043】次に、再度上記基板を洗浄した後、ジシランガスを原料とするLPCVD法により、450°Cにて非晶質シリコン薄膜を75nm堆積する。この堆積後、次工程を行う直前に再び洗浄する。

【0044】そして、上述のように形成されたSi膜付き基板を図2の場合と同様にレーザアニール装置内に配置する。一旦プロセスチャンバ内を真空排気(10<sup>-2</sup>~10<sup>-6</sup>torr程度)した後、ガス導入口よりArガスを導入し、Arガス圧700torrを維持できるように、ガス流量計及び排気バルブを制御する。

【0045】Arガスの圧力が700torrに達した後、エキシマレーザを稼働し、基板へのレーザ照射を開始する。パルスレーザ光源としては、XeCl(波長308nm)、XeF(351nm)又はKrF(248nm)等の使用が可能である。

【0046】レーザ照射を行い、多結晶シリコン膜502を形成した後、二酸化シリコン膜503を10nmの厚さに形成する。この場合に、前述の二酸化シリコン膜508の形成に使用した成膜法と同様の作成手段を探ることができる。更に、多結晶シリコン膜502の形成後、これを大気に曝すことなく二酸化シリコン形成室に搬送し、二酸化シリコン膜503を形成する。

【0047】そして、図6(c)に示すように、パルス型CO<sub>2</sub>レーザを照射する。照射範囲としてはエキシマレーザの照射領域よりも若干広い領域であることが望ましく、ビーム強度プロファイルを適切に設定する。連続波タイプのレーザ光でもよいが、基板へのダメージを抑制するためには、パルスタイプの方が望ましい。その後、多結晶シリコン膜502と二酸化シリコン膜503をアイランドパターン化する。このとき、二酸化シリコン膜503の方がやや小さくなるように、パターン化することによって、ゲートリークの発生を抑制することができる。

【0048】次に、図6(e)に示すように、二酸化シリコン膜504を形成し、多結晶シリコンを被覆した後、n<sup>+</sup>シリコン膜を、プラズマCVD法、又はリンをドープした非晶質シリコンを形成した後レーザ若しくはランプ加熱等の手段により活性化する方法等によって形成する。次いで、A1層をスパッタリングにより形成した後、パターン化して、A1/n<sup>+</sup>シリコン積層膜からなるゲート電極505とする。なお、A1に限らず、タンゲステン、モリブデン、タンタル及び銅等の金属、タンゲステンシリサイド及びモリブデンシリサイド等のシリサイド膜、又はそれらの積層体であってもよい。

【0049】次いで、図6(f)に示すように、A1/

$n^+$ シリコン積層膜からなるゲート電極505を形成した後、これをマスクとして二酸化シリコン膜504、503をパターニングする。その後、質量分離を行わないイオンドーピング法、プラズマドーピング法又は質量分離により所望のイオンのみを選択できるイオン注入法等によってソースドレイン領域509を形成する。

【0050】次いで、図6(g)に示すように、層間絶縁膜506を形成し、この層間絶縁膜506にコンタクトホールを形成した後、A1配線507を形成して、TFTが完成する。

【0051】前記多結晶シリコン膜を形成した時点又は前記非晶質シリコン膜を形成した時点において、炭酸ガスレーザ照射による二酸化シリコン膜の改質、不純物の活性化等への応用も可能である。

【0052】以上のような方法でTFT又はTFTを能動素子として用いた液晶ディスプレイ若しくはイメージセンサ等を形成することにより、レーザ照射時のプロセス再現性、長期安定性を確保し、製品歩留まりを高めることができる。

【0053】次に、本発明装置についての実施例について、図10を参照して説明する。エキシマレーザはパルスレーザ光源811からミラー812及びビームホモジナイザ814等を介して真空チャンバ818内に配置されたx yステージ817上のガラス基板815及びその上のシリコン薄膜816に照射される。エキシマレーザとの発振同期制御が可能な赤外パルスレーザ光源821は赤外用ビームホモジナイザ824及び赤外用ミラー822等を介して、エキシマレーザと同様にガラス基板815に向けて照射されるようになっている。

【0054】このような構成とすることによって、赤外レーザによる基板最表面の加熱と紫外短パルスレーザによるシリコン薄膜816の溶融再結晶化が可能となる。赤外光源としてはパルスレーザに限らず連続波レーザであってもよく、ビームを走査するための機構(例えばポリゴンミラー等)を具備しても良い。また、351nm程度の紫外光源を用いることによって、比較的容易に基板裏面からのエキシマレーザ結晶化が可能になるため、紫外光の導入は基板下方から、赤外光の導入を基板上方から行うように構成することも可能である。

【0055】なお、x yステージ817の代わりに、光学素子群を移動させてもよく、また光学素子群とステージを組み合わせて移動させることも可能である。レーザ照射を真空チャンバ818内で真空中又は高純度ガス雰囲気下で行うこともできる。

【0056】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、基板加熱による基板の収縮及び基板のそりを防止するこ

とができ、機械的に制御可能な所望の位置への精密な照射が可能となる。これにより、本発明によれば、焦点深度が小さく、線幅が1μm程度の微細なパターンを基板へ照射することができる。また、本発明によれば、基板の収縮及びそりを防止しつつ基板を500°C以上に加熱することができ、結晶性シリコン薄膜トランジスタに用いるシリコン薄膜の性能を著しく向上させることができ、その薄膜トランジスタを使用する技術分野の拡大に著しい貢献をなす。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例を示す模式図である。

【図2】(a)乃至(g)及び(d')乃至(f')は本実施例を薄膜トランジスタの製造方法に適用したときの工程を順に示す断面図である。

【図3】(a)及び(b)は本発明の第2の実施例を示す模式図である。

【図4】本発明の第3の実施例を示す模式図である。

【図5】本発明の第4の実施例を示す模式図である。

【図6】(a)乃至(g)及び(d')乃至(f')は本実施例を薄膜トランジスタの製造方法に適用したときの工程を順に示す断面図である。

【図7】エキシマレーザとCO<sub>2</sub>レーザの照射タイミングを示す模式図である。

【図8】エキシマレーザとCO<sub>2</sub>レーザの照射タイミングを示す模式図である。

【図9】エキシマレーザとCO<sub>2</sub>レーザの照射タイミングを示す模式図である。

【図10】本発明装置の実施例を示す模式図である。

【図11】従来装置を示す模式図である。

【符号の説明】

101:ガラス基板

102:シリコン薄膜

103:XeClエキシマレーザ

104:CO<sub>2</sub>レーザ

105:SiO<sub>2</sub>膜

501:ガラス基板

502:多結晶シリコン膜

503、504:二酸化シリコン膜

505:ゲート電極

811:パルスレーザ光源

812:ミラー

814:ビームホモジナイザ

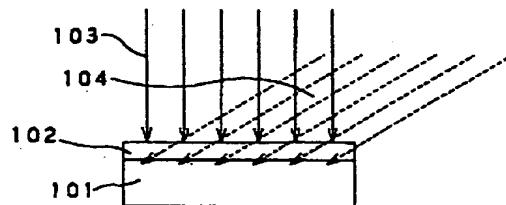
815:ガラス基板

816:シリコン薄膜

817:x yステージ

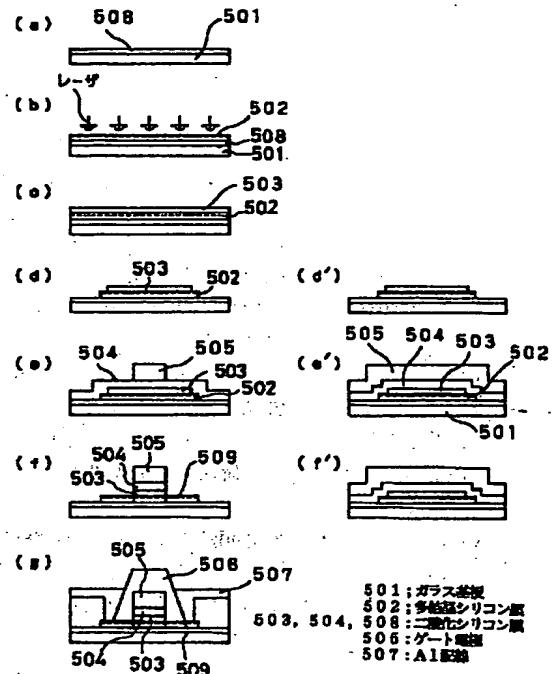
821:赤外パルスレーザ

【図1】

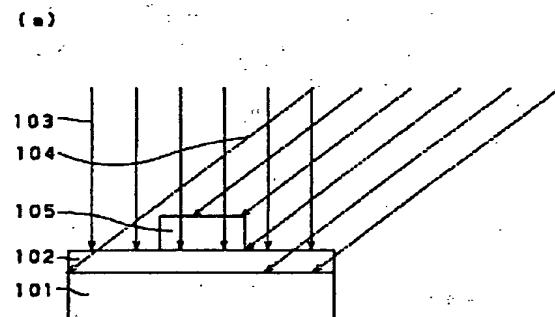


101:ガラス基板  
102:シリコン層  
103:XeClエキシマレーザ  
104:CO<sub>2</sub>レーザ

【図2】

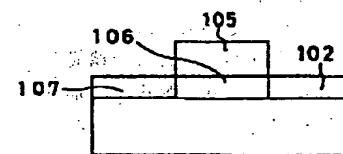


【図3】



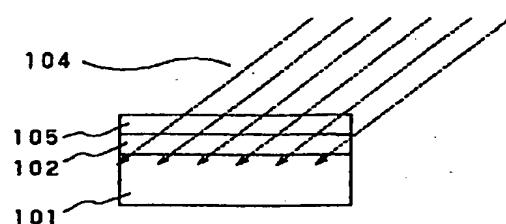
101:ガラス基板  
102:シリコン層  
103:酸素 plasma  
104:XeClエキシマレーザ  
105:SiO<sub>2</sub>層

(b)

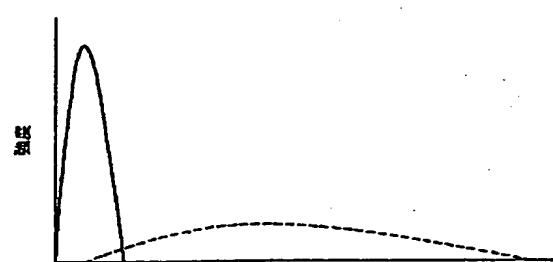


101:ガラス基板  
102:シリコン層  
105:二酸化シリコン層  
106:小粒度領域  
107:大粒度領域

【図5】

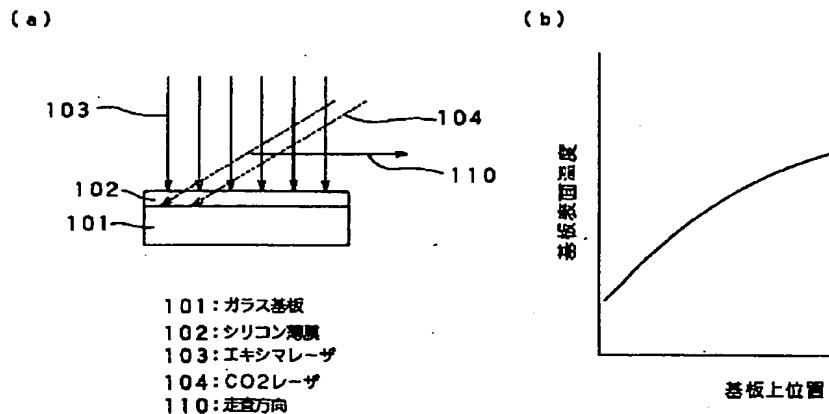


105:SiO<sub>2</sub>層

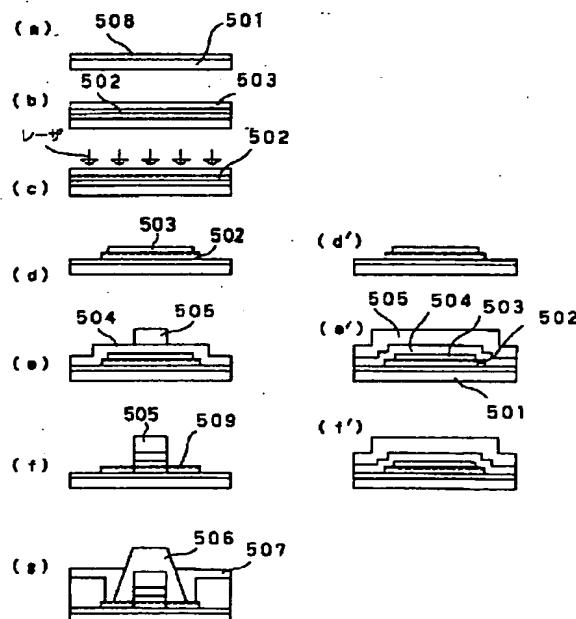


時間

【図4】

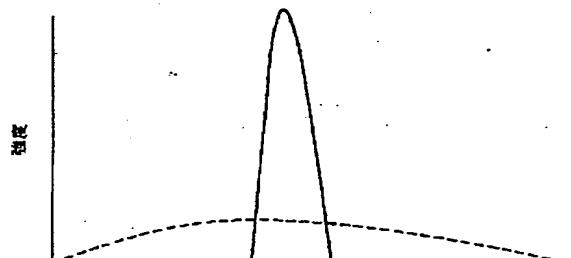


【図6】

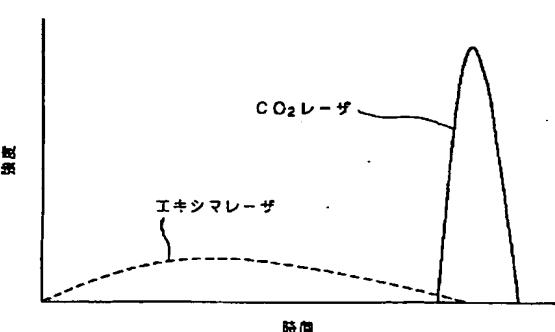


501: ガラス基板  
 502: 多結晶シリコン膜  
 503: 二酸化シリコン膜  
 504: 二酸化シリコン膜  
 505: ゲート電極  
 506: 居間電極  
 507: A1配線  
 508: 二酸化シリコン膜  
 509: ソースドレイン領域  
 510: 二酸化シリコン膜

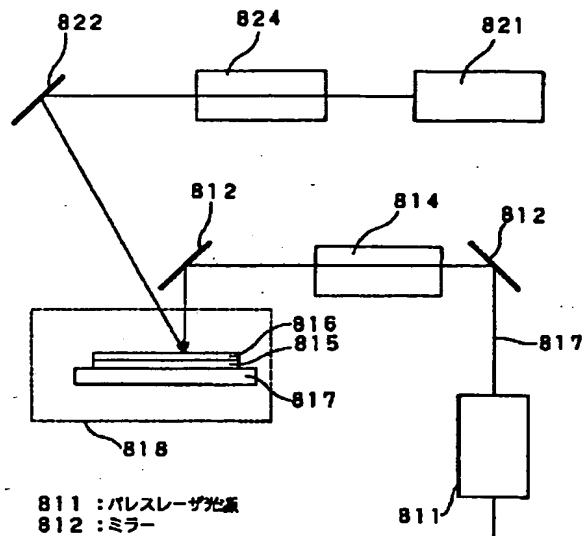
【図8】



【図9】

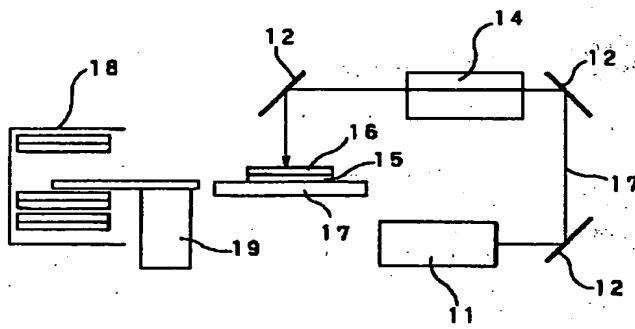


【図10】



811 : パルスレーザ光源  
 812 : ミラー  
 814 : ビームホモジナイザ  
 815 : ガラス基板  
 816 : シリコン電極  
 817 : x yステージ  
 818 : 真空チャンバ  
 821 : 赤外パルスレーザ光源  
 822 : 赤外用ミラー  
 824 : 赤外用ビームホモジナイザ

【図11】



11 : パルスレーザ光源  
 12 : ミラー  
 14 : ビームホモジナイザ  
 15 : ガラス基板  
 16 : シリコン電極  
 17 : x yステージ  
 18 : シリコン電極付きガラス基板入りカセット  
 19 : 基板搬送機構